

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Technická a technologická analýza možnosti prodloužení
vozebního ramene souprav Pendolino o úsek Žilina-Košice

Traffic Extension Possibility of Pendolino Trains for Route
Section

Žilina - Košice Technical and Technological Analysis

Student:

Marek Tomáš

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Marek Tomáš**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R003 Dopravní technika a technologie**
Téma: **Technická a technologická analýza možnosti prodloužení vozebního
ramene souprav Pendolino o úsek Žilina - Košice**
**Traffic Extension Possibility of Pendolino Trains for Route Section
Žilina - Košice - Technical and Technological Analysis**

Zásady pro vypracování:

Osnova práce:

Úvod

1. Definování problému, charakteristika přínosů a nevýhod prodlužování vozebních ramen
 2. Technické a technologické podmínky provozu souprav Pendolino
 3. Obecné technické a technologické zásady prodlužování vozebních ramen
 4. Aplikace obecných technických a technologických zásad na úsek Žilina - Košice
 5. Celkové zhodnocení návrhu, rekapitulace úkonů nutných k realizaci projektu, časový harmonogram realizace, využití metod operačního výzkumu pro jeho řízení
- Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Antonický, S.; Herzáň, F.; Janotka, P.. Provoz železničních hnacích vozidel. Praha: NADAS, 1984. 254 s.
Služební předpisy ČD, a.s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Miestoprísahné vyhlásenie študenta

Prehlasujem, že predložená práca je mojím pôvodným autorským dielom, ktoré som vypracoval samostatne. Každú literatúru a ďalšie zdroje z ktorých som pri spracovaní čerpal, v práci riadne citujem a sú uvedené v zozname použitej literatúry.

V Ostrave dňa 20. 5. 2013

.....

podpis študenta

Prehlasujem, že

- Bol som zoznámený s tým, že na moju diplomovú (bakalársku) prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, hlavne § 35 – využitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školných predstaveniach a využitie diela školného a § 60-školné dielo.
- Beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská -Technická univerzita Ostrava (ďalej len „VŠB-TUO“) má právo nezárobkovo ku svojej potrebe diplomovú (bakalársku) prácu použiť (§ 35 odst.3).
- Súhlasím s tým, že diplomová (bakalárska) práca bude v elektronickej podobe uložená v Ústrednej knižnici VŠB-TUO k nazretiu a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho bakalárskej práce. Súhlasím s tým, že údaje o kvalifikačnej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- Bolo dohodnuté, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením užiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bolo zjednané, že použiť svoje dielo – bakalársku prácu alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- Beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o zmene a doplnenia ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave dňa 20. 5. 2013

.....

podpis

Rád by som hlavne poďakoval vedúcemu svojej bakalárskej práce Ing. Dušanovi Teichmannovi, Ph.D. za poskytnutie všetkých potrebných informácií, príjemnú spoluprácu a za čas venovaný bakalárskej práci. Ďalej by som rád poďakoval Ing. Ivanovi Kurhajcovi zo Železníc Slovenskej republiky za poskytnutie dokumentov a venovaný čas.

ANOTÁCIA BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Tomáš, M. Technická a technologická analýza možnosti prodloužení vozebního ramene souprav Pendolino o úsek Žilina - Košice: bakalárska práca. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2013, 45 s. Vedúci práce: Ing. Teichmann, Ph.D.

Bakalárska práca sa zaoberá analýzou možnosti predĺženia trate o úsek Žilina - Košice pre Pendolino. V úvodnej časti sú rozobrané základné informácie o súpravách Pendolino, ďalej uvádza obecné zásady overovania možnosti prevádzky koľajových vozidiel na tratiach ŽSR. V ďalšej časti preberá posudzovanie kompatibility jednotky s koľajovými obvodmi, trakčným vedením, traťou po stavebnej stránke a servisnú činnosť v bode obratu, ktorým sa stáva konečná stanica Košice. V poslednej časti sú vyhodnotené možnosti prevádzky na tejto trati.

Kľúčové slová:

Pendolino, naklápacia skriňa, zabezpečovacie zariadenie, trakčné vedenie, koľajové sily

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Tomáš, M. Traffic Extension Possibility of Pendolino Trains for Route Section Žilina – Košice Technical and Technological Analysis: bachelor's thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2013, 45 pages. Acting supervisor: Ing. Teichmann, Ph.D.

This bachelor's thesis analyzes the traffic extension possibility of Pendolino trains for route section Žilina – Košice. Basic Pendolino train specifications and general verification principles for Slovak railways traffic possibilities are discussed in opening sections. Next chapters deals with examinations of unit cooperation with track circuit, contact lines and track itself, as well as with service operations in the turning point, which is the Košice terminal station. Traffic abilities of discussed route section are interpreted in the final part of the paper.

Keywords:

Pendolino train, inclinable rack, error protection equipment, track circuit, track forces

OBSAH BAKALÁRSKEJ PRÁCE

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	9
ÚVOD.....	10
1 1 ELEKTRICKÁ JEDNOTKA 680 (PENDOLINO)	11
1.1 Základné princípy naklápacích skríň	12
1.2 Základné technické parametre jednotky Pendolino	12
1.2.1 Mechanická časť	14
1.2.2 Elektrická časť	17
1.3 Riadenie jednotky.....	18
1.4 ETCS (European Train Control System)	19
2 OBECNÉ ZÁSADY OVEROVANIA MOŽNOSTI PREVÁDZKY VOZIDIEL NA TRATIACH ŽSR	20
2.1 Obecné zásady posudzovania schopnosti prevádzky vozidiel z pohľadu kompatibility s koľajovými obvodmi.....	23
2.2 Obecné zásady posudzovania schopnosti prevádzky vozidiel z pohľadu kompatibility s trakčným vedením.....	25
2.3 Obecné zásady posudzovania schopnosti prevádzky vozidiel z pohľadu kompatibility s traťou po stavebnej stránke	27
2.4 Ďalšie prevádzkové obmedzenia.....	33
3 ZÁKLADNE OVERENIE ZPOSOBILOSTI JAZDY SÚPRAV PENDOLINO NA TRATI ŽILINA - KOŠICE.....	35
3.1 Stručná charakteristika trati Žilina-Košice.....	35
3.2 Posúdenie trati pre prevádzku súprav Pendolino z hľadiska koľajových obvodov	36
3.3 Posúdenie trati pre prevádzku súprav Pendolino z hľadiska parametrov trakčného vedenia	36
3.4 Posúdenie trati pre prevádzku súprav Pendolino z hľadiska stavebných parametrov.....	38
3.5 Posúdenie prevádzky súprav Pendolino podľa ostatných prevádzkových obmedzení	40
ZÁVER	42

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	43
ZOZNAM OBRÁZKOV	44
ZOZNAM TABULIEK	45

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

a_p priečne zrýchlenie [m/s^2]

CENELEC Európsky výbor pre normalizáciu v elektrotechnike

ČD České dráhy

ČR Česká republika

ČSN česká technická norma

EN európska norma

ETCS European Train Control System

GB priechodnosť trate

KO koľajový obvod

KV koľajové vozidlá

NS naklápacia skriňa

Q zvislé koľajové sily [N]

R polomer oblúka [m]

SR Slovenská republika

ss striedavý prúd

TNPS trakčná napájacia prúdová sústava

TSI Technické špecifikácie pre interoperabilitu

UIC International Union of Railways

Y priečne koľajové sily [N]

ŽSR Železnice Slovenskej republiky

ÚVOD

Súčasný globalizovaný svet ide charakterizovať ako svet, v ktorom jedno z rozhodujúcich odvetví tvorí doprava. Zvyšovanie intenzity prebieha nielen za účelom prepravy zbožia od výrobcov k zákazníkovi, ale tiež za účelom zaistenia mobility obyvateľstva.

Veľký priemyselný rozvoj nastal predovšetkým v automobilovom odvetví, čo spôsobilo zvýšenie intenzity cestnej dopravy v mestách, diaľničných úsekoch a v okoliach iných významných uzlov na dopravných sieťach (napr. okolo letísk). Zvyšovanie intenzity cestnej premávky má za následok predĺženie dopravných časov a zníženie spoľahlivosti dopravy. Preto sa stále viac dbá nato, aby bola vybudovaná rýchla a spoľahlivá infraštruktúra železničnej dopravy, kde by sa tieto problémy mohli čiastočne minimalizovať a boli používané moderné hromadné dopravné prostriedky dosahujúce vyšších rýchlostí, ktoré budú po stránkach komfortu účinne konkurovať automobilom a lietadlám.

Úvahy tohto typu viedli v minulosti manažment Českých dráh k tomu, aby bolo vyhlásené výberové konanie na nákup nových vysokorýchlostných jednotiek s naklápanou skriňou, ktoré by boli schopné prevádzky na troch napájacích sústavách. Na základe výsledkov výberového konania bol kontrakt na dodanie siedmich elektrických jednotiek tohto typu, ktoré sú známe skôr pod ich obchodným názvom Pendolino, zadaný talianskemu výrobcovi Fiat Ferroviaria patriaceho dnes ku skupine Alstom, ktorý vyrába 65 % všetkých vysokorýchlostných vlakov na európskom trhu.

Základným cieľom bolo zvýšiť konkurencieschopnosť železničnej dopravy na vzdialenostiach 600 až 700 km, pri ponuke kratších jazdných dôb, vyššom komforte a zachovaní alebo dokonca zvýšeniu úrovne bezpečnosti prepravy. Tieto ciele sa začali uskutočňovať budovaním nových vysokorýchlostných tratí a zavádzaním do prevádzky vozidiel s nižšou hmotnosťou, lepšími trakčnými a brzdiacimi výkonmi, ale aj dobrou aerodynamikou.

Cieľom práce je základné posúdenie možnosti predĺženia ramena Františkovy Lázně – Žilina, ktorý je alebo v minulosti bol súpravami Pendolino obsluhovaný, o úsek Žilina – Košice.

1 1 ELEKTRICKÁ JEDNOTKA 680 (PENDOLINO)

História výroby súpravy Pendolino siaha až do roku 1969, keď bol zostrojený prvý prototyp elektrického vozu s naklápanou skriňou s označením ETR Y 0160 s prezývkou Pendolino. Táto prezývka sa uchytila a zostala používaná aj pre ďalšie generácie tohto typu elektrických jednotiek.

O 6 rokov bola prvá jednotka Pendolino zložená zo štyroch hnacích vozov nasadená na trať Rím – Ancona. V rokoch 1985 – 1986 bolo postavených ďalších 15 jednotiek. Po niekoľkých úpravách v napájaní a naklápaní začali súpravy Pendolino jazdiť v celej Európe (Veľká Británia, Portugalsko, Španielsko, Fínsko a v roku 1989 prebehla skúšobná jazda aj vo vtedajšom Československu).

V roku 1995 manažment Českých dráh, a.s., vyhlásil výberové konanie na dodanie vysokorýchlostných jednotiek s naklápacími skriňami. Túto súťaž vyhrala talianska firma ALSTOM Ferroviaria, ktorá roku 2003 dodala do prevádzky prvé Pendolino.

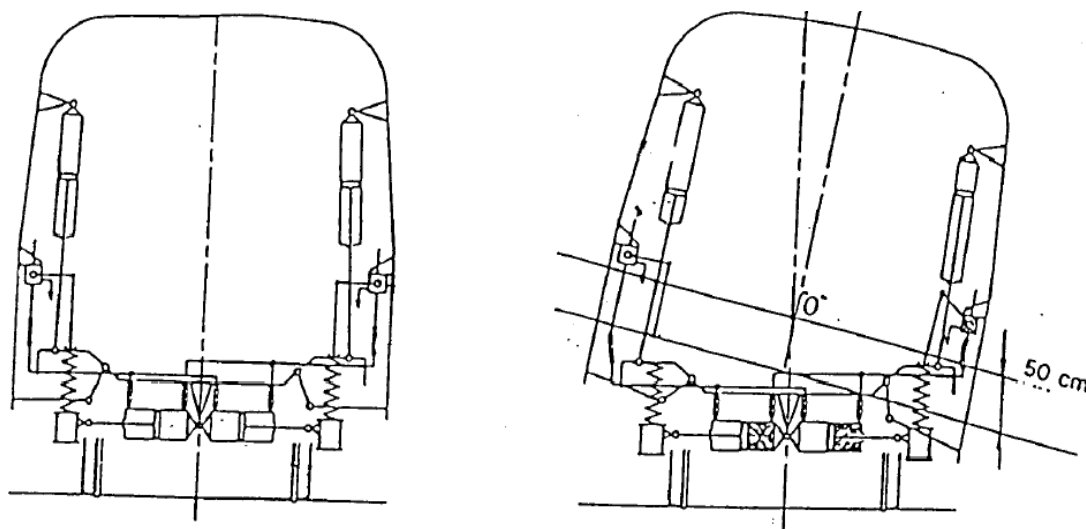
Súprava Pendolino bola prvýkrát nasadená do pravidelnej prevádzky v roku 2004, na trase Praha – Děčín. O rok neskôr to boli ďalšie trate Praha – Ostrava, Praha – Břeclav, v roku 2006 prvýkrát prišlo Pendolino cez Viedeň aj na Slovensko do Bratislavy. V grafíkone vlakovej dopravy 2011/2012 bol jeden pár vlaku Pendolino zavedený aj do Žiliny.[1]



Obrázok 1–Elektrická jednotka Pendolino[1]

1.1 Základné princípy naklápacích skriň

Za účelom zvýšiť rýchlosť prepravy prešli elektrické jednotky s naklápacími skriňami v posledných rokoch veľkým vývojom. Tieto rýchlosti sú viditeľné najmä na tratiach, kde naklápanie nahrádza modernizovanie niektorých úsekov, ktoré je veľmi finančne náročná, pretože je potrebná úplná prestavba trate. Jednotky Pendolino sa vyznačujú takzvanou talianskou koncepciou naklápanej skrine (obrázok 2), vďaka ktorej jednoducho prekonáva tieto problémy.



Obrázok 2 - Principiálna schéma núteného naklápania[14]

Naklápacie zariadenie každého podvozka má dvojicu dlhých vertikálnych hydraulických valcov, ktoré sú umiestnené po stranách vozňa a naklápajú celú vrchnú časť vozňa. Spodné čapy spočívajú na lomenom, plno odpruženom nosníku a odpruženej kolíske podvozku. Priečna poloha je stabilizovaná kombináciou ojníc a priečných pneumatických valcov. Toto riešenie je vhodné pre hnacie aj hnané podvozky, no neumožňuje uloženie trakčných motorov do podvozku. Zariadenie sa ovláda elektronicky v závislosti od rýchlosti, priečnom zrýchlení a natáčaní podvozku. Toto zariadenie umožňuje náklon až 10°, ale to sa nevyužíva kvôli silovému pôsobeniu na koľaj, preto sa využíva naklápanie max. 8° (u Českých a Slovenských dráh max 6,5°).

1.2 Základné technické parametre jednotky Pendolino

Elektrické jednotky Pendolino majú trvalý výkon 3 920 kW a maximálnu ťažnú silu 200 kN. Pri týchto parametroch je jednotka schopná vyvinúť maximálnu rýchlosť 230

km/h, ktorá ale nie je naplno využitá, pretože rýchlosť v ČR a SR je obmedzená na 160 km/h. Pri hmotnosti 385 000 kg je Pendolino schopné vyvinúť zrýchlenie z 0 – 100 km/h za 68 sekúnd (zrýchlenie $0,39 \text{ m/s}^2$) a na maximálnu rýchlosť 230 km/h za 462 sekúnd (zrýchlenie $0,13 \text{ m/s}^2$). Dĺžka celej jednotky je 184 m, pričom vnútorné vozy majú dĺžku 25 m a koncové 17 metrov, výška jednotky je 2,8 metra.

V jednotke sa nachádza 331 miest na sedenie a 2 miesta pre invalidov. Pre cestujúcich je k dispozícii celkom 7 vozňov, z nich dva sú určené pre prvú triedu a zvyšné pre druhú triedu s prístupom do reštauračného vozňa.[1]

Elektrická jednotka Pendolino má tieto základné prednosti:

- rozdelenie výkonu na viacej náprav,
- rozdelenie trakčného výkonu a výkonu pomocných zariadení na viacero nezávislých komponentov výzbroje, aby bola zvýšená spoľahlivosť, hospodárnosť a znížené straty, prípadne poruchy,
- jednotlivé dvojkoľesia sú rovnomerne zaťažené vhodným rozdelením komponentov do jednotlivých vozňov,
- použitie profilov z ľahkej zliatiny pre konštrukciu skrine umožňuje dosiahnuť nižšiu hmotnosť, pri zachovaní vysokej odolnosti proti korózii a dobrej termo akustickej izolácii,
- naklápanie skrine umožňuje znížiť bočné zrýchlenie na $0,65 \text{ m/s}^2$ a vďaka tomu zvýšiť svoju rýchlosť v oblúkoch až o 35% oproti bežným jednotkám pri plnom dodržaní zásad bezpečnosti a komfortu a bez potreby meniť geometriu vlaku. Napríklad pri polomere oblúka 400 m a prevýšení koľaje 100 mm je rýchlosť bežnej súpravy maximálne 82 km/h a jednotka s naklápacou skriňou môže tento oblúk prechádzať rýchlosťou až 119,4 km/h, čo tvorí rozdiel 31,2%. Pri zvyšovaní prevýšenia sa výhoda naklápania stráca, pretože pri prevýšení 150 mm je rýchlosť bežnej súpravy 92 km/h a rozdiel je len 22,9%.[10]

Pendolino je na českých a slovenských železničiach jediná prevádzkovaná elektrická jednotka vybavená núteným (aktívnym) naklápaním vozňových skriní pomocou hydraulických valcov. Ako už bolo povedané, týmto systémom sa zvyšuje rýchlosť v oblúkoch a jazdný komfort. Naklápanie je riadené elektronickou jednotkou, ktorá získava údaje z gyroskopických čidiel umiestnených v podvozku.

Elektrické jednotky Pendolino sú schopné prevádzky vo viacerých podmienkach, znášajú okolité teploty od -30°C až + 40°C a sú plne funkčné do nadmorskej výšky 1200 m. Jednotka má výhodu prevádzky na viacerých typoch elektrického napájania.[1]

1.2.1 Mechanická časť

Mechanická časť sa zaoberá pevnými časťami jednotky, podvozkom a vlakovou skriňou, v podvozku sa nachádza aj brzdová a pneumatická výstroj (podrobnejšie rozoberané neskôr).

Ako už bolo uvedené, elektrická jednotka rady 680 sa skladá zo 7 vozňov typovo číslovaných následne tabuľka 1.

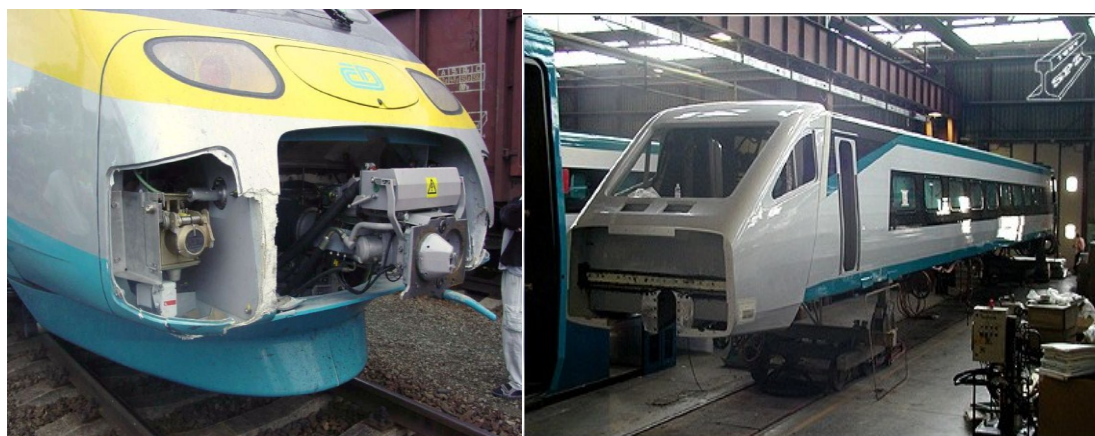
Tabuľka 1–Zloženie súpravy Pendolino[1]			
<i>Zloženie jednotky 680 Pendolino</i>			
Poradie vozňa	Vozňová trieda	Charakteristika	Rad
1	1	čelný trakčný vozeň	681
2	1	vložený vozeň	081
3	kombinovaný vozeň bistro a2. trieda	vložený trakčný vozeň	683
4	2	vložený vozeň	084
5	2	vložený trakční vozeň	684
6	2	vložený vozeň	082
7	2	čelný trakčný vozeň	682

Číslo 680 sa neoznačuje žiadna časť jednotky, pretože sa ním súhrne označuje celá súprava.

Rám vozidla prenáša sily medzi jednotlivými časťami vozidla a sily od susedných vozidiel. Je to zvarenec z ohýbaných oceľových plechov a tvarových nosníkov. Odoláva na tlak, ohyb, krut (na nerovnej alebo prepadnutej koľaji).

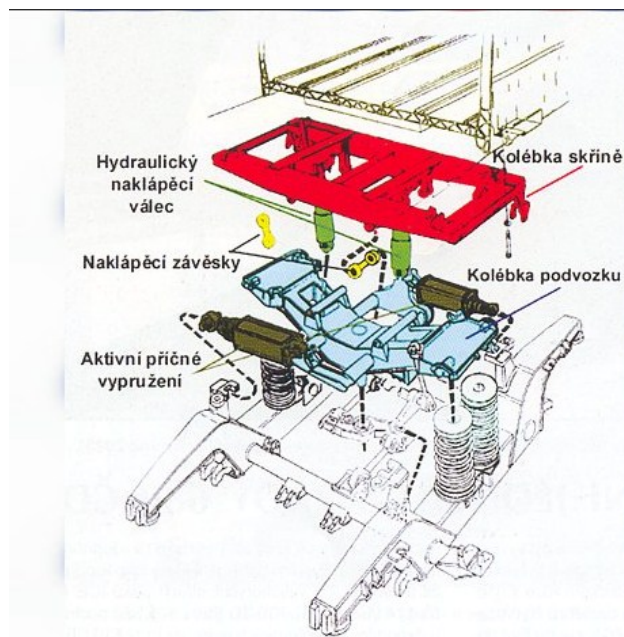
Pri vysokorýchlostných vlakoch sa pre zníženie hmotnosti používa hliníková stavba. Vozové skrine sú ľahké, pretože sú zvarané z hliníkových profilov. Oproti bežným stavbám sú tak cca o 30% ľahšie, ale zdvíha sa aj cena vozidla približne o 30%.

Na predných laminátových čelách vozňov (obrázok 3) sú umiestnené škrupinové nosy kabín rušnovodiča, ktoré slúžia ako deformačná zóna pri silných nárazoch až 4,5 MJ a zabránia zničeniu celej súpravy. Tieto čelá sa po deformácii demontujú a nahrádzajú sa úplne novými, neprebíha teda oprava, ale pri obnove sú kompletne vymenené.



Obrázok 3 – Skriňa čelného vozidla vo výrobnej hale pripravená k inštalácii čiel a interiéru [1]

Jednotka má podvozky dvoch druhov – hnacie a bežné. Obidva typy podvozku sú riešené ako kolískové podvozky. Podvozky sú vyrábané podľa UIC 515 (koľajové vozidlá – prívesové podvozky – podvozok) a patria ku generácií podvozkov s hydraulickým pohonom naklápania (obrázok 4).



Obrázok 4—Podvozok s hydraulickým pohonom naklápania [15]

Dvojkolesia sú riešené monoblokmi, vypruženie majú zvislé aj priečne, dvojstupňové v oboch smeroch.

Primárne zvislé vypruženie zaisťujú vinuté pružiny, doplnené zvislými hydraulickými tlmičmi. Sekundárne zvislé odpruženie v usporiadaní Flexicoil je robené vinutými oceľovými pružinami s vertikálnymi aj horizontálnymi kvapalinovými tlmičmi. Naklápanie skrine zaisťuje systém TILTRONIX pomocou hydraulických valcov. Točivý moment je prenášaný kĺbovým hriadeľom z motora na prevodovku s kužeľovým súkolím.

Usporiadanie pojazdu je:

$$(1A)'(A1)' + 2'2' + (1A)'(A1)' + 2'2' + (1A)'(A1)' + 2'2' + (1A)'(A1)'^1$$

¹(1A)'(A1)'-vozidlo so vždy jednou hnanou a nehnanou nápravou na otočnom podvozku

2'2'-vozidlo s dvoma nehnatými dvojkolesami na jednom podvozku vpredu a vzadu.

Jednotka má elektropneumatickú, elektromagnetickú, elektrodynamickú a zaistovaciu brzdu.

Elektropneumatická brzda je kotúčová a pôsobí na všetky podvozky celej jednotky. Elektrodynamická brzda je založená na princípe, že elektrická energia vytváraná trakčnými motormi je marená na streche lokomotívy v brzdových odporníkoch. Elektromagnetická brzda sa používa ako doplnok záchranej brzdy, pretože nie je regulovateľná a vždy brzdí na plný výkon. Brzdové trámce z magnetmi sú umiestnené na všetkých hnaných vozňoch. Zaistovacia brzda slúži po úplnom zastavení na zaistenie vlaku proti pohybu (napr. v stanici, depeapod.).

Pendolino má k dispozícii dva druhy spriahadiel:

- integrované automatické spriahadlo, ktoré umožňuje elektrické, mechanické, pneumatické a riadiace spojenie dvoch jednotiek. Keď spriahadlo nie je aktívne uschová sa do aerodynamickej hlavy diaľkovo zo stanovišť arušnovodiča,

- krátke spriahadlo, ktoré umožňuje pohltiť energiu až 15 MJ (háč + skrutkovica), spája vozidlá mechanicky, ale dodatočne sa musia pripojiť pneumatické alebo elektrické obvody

1.2.2 Elektrická časť

Pendolino má štyri zberače prúdu. Dva sú určené pre sústavu 3 kV, tretí je určený pre striedavé napätie 25 kV~50 Hz a posledný je určený pre striedavé napätie 15 kV~16 2/3 Hz. Sú použité polopantografy firmy Schunk. Pretože sa skrine súprav Pendolino pri prejazde oblúkmi naklápajú, sú polopantografy namontované v pohyblivých konzolách, zaisťujúcich udržiavanie stálej polohy oproti trolejovému drôtu. Tieto konzoly sú pevne spojené s podvozkom.[6]

Pohon jednotky zabezpečuje 8 trakčných motorov, ktoré sú uložené paralelne po dvoch. Regulácia výkonu na jednotke sa vykonáva pomocou pulzných meničov, ktoré sú umiestňované po jednom do každého hnacieho vozňa.

1.3 Riadenie jednotky

Riadenie jednotky môže byť automatické alebo manuálne, režim riadenia volí rušňovodič. V automatickom režime riadenia rýchlosti je pevne daná ťažná sila respektíve rýchlosť a brzdná sila sa mení podľa aktuálnych podmienok jazdy. V režime manuálnom sa ťažná alebo brzdná sila nastavuje pákovými kontrolórmí (obrázok 5).



Obrázok 5–Stanovisko rušňovodiča[1]

Vďaka riadiacim obvodom môžu byť spriahnuté jednotky riadené z jedného stanoviiska pomocou jedného riadiaceho pultu. V riadiacom pulte je osadený monitor, ktorý počas jazdy ukazuje rýchlosť jazdy a diagnostikuje stav vozidla na trati pomocou zabezpečovacieho zariadenia ETCS (podrobnejšie v ďalšej časti) s integrovaným rýchlomerom. Stále sa využívajú aj analógové manometre (slúži na meranie tlaku v brzdovom potrubí) a voltmetre.

1.4 ETCS (European Train Control System)

Európsky traťový zabezpečovací systém má postupne nahradiť ďalších 20 rôznych národných zabezpečovacích systémov a tak zabezpečiť plynulý prejazd súprav po celej Európe bez potreby výmeny hnacích vozidiel. Tento systém sa zavádza hlavne na vysokorýchlostných tratiach a tranzitných koridoroch a v ďalších rokoch by mal nahradiť všetky národné systémy. Jeho funkcia spočíva hlavne v dodržaní maximálnej traťovej rýchlosti, maximálnej konštrukčnej rýchlosti vlaku, dodržaní trasy vlaku a prechodnosti vlaku cez daný úsek.[4]

2 OBECNÉ ZÁSADY OVEROVANIA MOŽNOSTI PREVÁDZKY VOZIDIEL NA TRATIACH ŽSR

Základnou právnou normou upravujúcou podmienky posudzovania možností prevádzky vozidiel na železničných tratiach Slovenskej republiky je zákon č. 513/2009 Z.z. Podľa ustanovení tohto zákona má schvaľovanie súprav na tratiach ŽSR na starosti tzv. schvaľovací orgán - Úrad pre reguláciu železničnej dopravy. K schválení je potrebné vyjadrenie manažéra infraštruktúry k technickej kompatibilite železničných vozidiel s infraštruktúrou. Schvaľovanie sa robí na žiadosť výrobcu, ak je železničné vozidlo vyrobené v inom členskom štáte. Podmienkou schválenia vozidla je preukázanie zhody s technickými špecifikáciami, ktoré sa vzťahujú na typ vozidla. Vozidlo musí spĺňať podmienky interoperability a všeobecných predpisov. Ak je zmenená špecifikácia interoperability, úrad určí, či predĺži platnosť udeleného schválenia alebo je potrebné nové schválenie typu vozidla. Schvaľovanie sa robí na základe tzv. technicko – bezpečnostnej skúšky. Technicko – bezpečnostná skúška je súbor úkonov, ktoré vykonáva poverená právnická osoba (skúšobný komisár) a overuje sa popri nej, či vozidlo spĺňa výrobnú dokumentáciu a vyhovuje podmienkam na dráhe a či sú všetky časti funkčné a zaručujú trvalú prevádzku. Technicko - bezpečnostná skúška sa vykonáva na náklady žiadateľa. Ak sa splní požiadavky zhody so schváleným typom, môže sa železničné vozidlo uviesť do prevádzky.

Aby bolo možné vozidlo (jednotku) schváliť k prevádzke, je potrebné poverenej právnickej osobe poskytnúť:

- doklad o povolení prevádzky v inom členskom štáte
(ak je už schválené),
- kópiu technickej dokumentácie,
- záznam o údržbe železničného vozidla a o prípadných technických úpravách, ktoré boli uskutočnené po uvedení do prevádzky,
- technické a prevádzkové charakteristiky, ktoré dokazujú, že vozidlo je schopné znášať miestne klimatické podmienky, spolupracuje so systémom zásobovania energie, spolupráca so zabezpečením, rozchodom koľajníc, zaťažením

náprav a ďalšími obmedzujúcimi parametrami železničnej siete obsiahnutými vo vyhláske UIC 518.

Pre posúdenie možnosti spôsobilosti jazdy železničného vozidla je potrebné vypracovať podrobnú analýzu, ktorá má podľa vyššie uvedeného zákona tieto základné body:

1. písomnú požiadavku na vydanie odborného stanoviska,
2. typový výkres vozidla,
3. trakčnú charakteristiku hnacieho vozidla,
4. stručný popis konštrukcie železničného vozidla,
5. základnú elektrickú schému silovej časti elektrických obvodov vozidla (trakčné obvody, obvody napájania vlaku elektrickou energiou),
6. technické údaje v rozsahu:
 - druh, rad a typ železničného vozidla,
 - vlastník alebo držiteľ železničného vozidla,
 - usporiadanie dvojkoľiesia,
 - priemer kolies, rozchod podvozku, celkovú šírku vozidla a dĺžka cez nárazníky,
 - maximálna hmotnosť na nápravu a hmotnosť plne vyzbrojeného vozidla v službe,
 - brzdíaca hmotnosť ručnej (parkovacej) brzdy,
 - maximálna priečna sila, ktorou vozidlo pôsobí na trať,
 - maximálna ťažná sila na háku (kN),
 - výkon (kW),
7. označenie vozidiel,
8. protokol o výsledkoch jazdno-technických skúšok,
9. údaje o rozmeroch a hmotnostných parametroch,
10. výsledok skúšky odporu dvojkoľiesiaa styčných plôch, ktorý potvrdzuje, že nie je presiahnutá hodnota $0,01 \Omega$,

11.u vozidiel, ktoré nemajú hmotnosť rozdelenú rovnomerne na nápravy, údaje o hmotnosti na nápravu a možnosti jazdy cez výhybky.

12.ak je vytváraný prúdový obvod vozidlo-koľajnica, cez ktorý je vedený trakčný alebo brzdomý prúd, je potrebné doložiť dokument, že prietokom týchto prúdov pri všetkých stavoch aj poruchových nemôže vzniknúť ohrozujúci účinok vo frekvenčných pásmach,

13.údaje o elektrodynamickom brzdení (na území SR nie je možnosť využívať elektrodynamické brzdenie s rekuperáciou naspäť do vedenia),

14. údaje o zberačoch prúdu, pričom:

- šírka lyžiny 1950 mm,
- minimálna šírka styčného pásu lyžiny 900 mm,
- materiál obloženia lyžiny zberača (uhlík, metalo keramika, meď).

15. Údaje o optickom návestení na vozidle (vlak musí vytvárať predpísané návestenie), tzn.:

- začiatok vlaku: tri biele svetlá usporiadané do trojuholníka stojaceho na základni,
- koniec vlaku: dve červené svetlá vodorovne v jednej úrovni,
- stoj pre protiídúce vlaky: jedno červené svetlo na čele vlaku,

16.údaje o akustickom návestení na vozidle.

Ďalšie požiadavky potrebné na konštrukciu a vybavenie vozidla:

- registračný rýchlomer,
- kľúč pre manipuláciu s káblom zásobovania vlaku elektrickou energiou,
- samočinná tlaková brzda,
- núdzové spriahadlo pre spojenie s vozidlom vybaveným skrutkovým spriahadlom a nárazníkmi.

Po dodaní, posúdení a splnení všetkých potrebných dokumentov sa vykoná posúdenie spôsobilosti jazdy a prevádzkovania zahraničného dopravcu na tratiach železníc Slovenskej republiky, skúšky železničných vozidiel sa vykonávajú podľa vyhlášok UIC.

Aby boli elektrické jednotky Pendolino schopne jazdy na konkrétnom úseku, musí byť overená ich zhoda s dopravnou cestou z troch pohľadov:

- z pohľadu kompatibility s koľajovými obvodmi,
- z pohľadu kompatibility s trakčným vedením,
- z pohľadu kompatibility s traťou po stavebnej stránke,

a ďalej musí byť preverené splnenie prípadných ďalších prevádzkových obmedzení.

2.1 Obecné zásady posudzovania schopnosti prevádzky vozidiel z pohľadu kompatibility s koľajovými obvodmi

Ako jeden zo základných prvkov zabezpečovacieho zariadenia sa používajú koľajové obvody. Týmto obvodom sa dá ľahko detegovať obsadenie koľaje, prerušenie, prerezané alebo inak vonkajšími vplyvmi poškodené koľajnice. Dĺžky koľajových obvodov sa pohybujú od stoviek metrov až po niekoľko kilometrov. Koľajové obvody pracujú na princípe prenosu elektrického prúdu cez koľajnice, dvojkoľesia a koľajový prijímač.[3]

Aby boli koľajové obvody interoperabilné a mohli sa využívať v európskom železničnom systéme, musia nové typy koľajových obvodov, ktoré sa zavádzajú do prevádzky, spĺňať najnovšie normy TSI.

Pre potreby bakalárskej práce je dôležité venovať sa aj označeniu koľajových obvodov. Koľajové obvody sa u celoštátnych a regionálnych dráhach označujú štvormiestnym číselným znakom:

-prvá číslica –označuje pracovné kmitočtové pásmo, tzv. kmeňový signálny kmitočet v Hz tabuľka 2,

-druhá a ďalšie číslice – označujú poradové číslo s výnimkou sériových alebo spádových koľajových obvodoch, pri ktorých sa vždy ako druhá číslica uvádza „0“.

Tabuľka 2 - Označenie pracovných kmitočtových pásiem [3]

<i>F_k[Hz]</i>	<i>Prvá číslica</i>
<i>ss prúd</i>	0
<i>25</i>	1
<i>50</i>	2
<i>75</i>	3
<i>275</i>	4
<i>Nevyužíte</i>	5
<i>KO s digitálnymi koľajovými prijímačmi</i>	6
<i>Kmitočet označuje potom 2.číslice (2,3 a 4)</i>	
<i>KO s vysokým filtrovacím napätím</i>	7
<i>10 000 a 15 000</i>	8
<i>50 000</i>	9

Z pohľadu overovania prevádzky železničného vozidla na tratiach vybavených koľajovými obvodmi sú podľa vyjadrenia pracovníkov ŽSR aj pre Slovenskú republiku kľúčové normy ČSN 34 2613, ed. 2 (Železničné zabezpečovacie zariadenie - Koľajové obvody a vonkajšie podmienky pre ich činnosť) a ČSN EN 50 238(Drážne zariadenie - Kompatibilita medzi drážnym vozidlom a systémami pre detegovanie vlakov). Norma ČSN 34 2613, ed. 2, vo svojom článku 6.5.1 stanovuje, že pre každý typ železničného vozidla musí byť spracovaná analýza, s ktorými typmi koľajových obvodov je vozidlo kompatibilné. Dôvodom tejto analýzy je, aby ohrozujúce prúdy generované jednotkou neboli vybudené natoľko, aby dostali koľajový obvod do nežiaduceho stavu. Preto je zostavovaný zoznam tratí, po ktorých môžu konkrétne železničné vozidlá po tejto stránke bez problémov prechádzať. Ak nie je stanovený zoznam pre určitú časť trate, jednotka môže prechádzať ale len so súhlasom prevádzkovateľa do doby, kým sa tento dokument nezostaví.

Jednotky Pendolino mali určité problémy pri zavádzaní do prevádzky v ČR.Pri jazde súprav Pendolino sa v niektorých prípadoch vytvárali nepriaznivé prúdy, ktoré viedli k nesprávnej činnostikoľajových obvodov a tým k ohrozeniu bezpečnosti prevádzky. Tieto problémy nastávali v detekčnej časti koľajových obvodov, ktorú tvorí

napájacie jednotky tvorené pasívnymi súčastami (transformátory, kondenzátory, rezistory, poistky atď.). Spolu s vlakovým šuntom menili napäťové a prúdové pomery. Preto sú v norme ČSN 342612,ed.2, definované ohrozujúce prúdy pre jednotky rady 680. Pri jednosmernom napájaní trakčnej sústavy 3000 V a 50 Hz je tvorený ohrozujúci prúd 260 mA, čo je pri jednosmernom napájaní najvyššia hodnota. Preto je potrebné pred zavedením do prevádzky urobiť skúšobné jazdy, ktoré prípadné ohrozujúce prúdy včas odhalia.[3]

2.2 Obecné zásady posudzovania schopnosti prevádzky vozidiel z pohľadu kompatibility s trakčným vedením

Trakčným vedením rozumieme sústavu zariadení dodávajúcu elektrickú energiu z trakčnej napájacej stanice do elektrických hnacích vozidiel, ktoré ju odoberajú pomocou zberačov prúdu, v prípade rekuperačného brzdenia aj z vozidiel späť do napájacích staníc.

Trolejové vedenie a zberač tvoria sústavu, ktorá musí splňovať dané kritéria a pri návrhu musí byť zaistená kompatibilita oboch celkov. Pri navrhovaní trakčného vedenia treba prihliadať na viaceré aspekty ako materiál vodičov a ich oteplenie, vzdialenosť napájacích staníc, prítláčnu silu, zaťaženie vetrom a námrazou atď.

Trakčné vedenie musí zabezpečiť kvalitnú a neprerušovanú dodávku elektrickej energie. Musí byť navrhnuté tak, aby znášalo namáhanie elektrickým prúdom za všetkých prepravných podmienok a okolitých vplyvov. Pritom nesmie dochádzať ku kmitom alebo odskokom zberača, aby nenastávali elektrické oblúky medzi zberačom a vedením. Parametre trakčného vedenia musia zodpovedať traťovému rýchlostnému profilu a výkonovým parametrom vlakov, ktoré budú na trati prevádzkované. Možno tiež povedať, že výkonové parametre vlakov nesmú byť vyššie ako povoľujú parametre trakčného vedenia.

Pri posudzovaní kompatibility súprav Pendolino s trakčným vedením sa riadime napr. normami ČSN EN 50 119 a ČSN EN 50 367. Aj keď ide o normy vydané v Českej republike, ich ustanovenia sú záväzné pre celý európsky priestor, resp. pre všetky štáty CENELEC. Členmi CENELEC sú ČR aj SR.

Norma ČSN EN 50 119 sa vo svojich článkoch 4.4 a 4.5 venuje vzťahu vozidiel a trakčného vedenia, parametrom vozidiel ovplyvňujúcich návrh trakčného vedenia. Z toho

môže byť odvodené, že parametre jestvujúceho trakčného vedenia budú tiež limitujúcimi faktormi pre jazdu vozidiel na danom úseku.[2]

Odber elektrického prúdu za štandardných prevádzkových podmienok sa deje prostredníctvom tzv. kontaktného bodu, pričom kvalita odberu prúdu závisí na kvalite mechanického kontaktu medzi trolejovým vodičom a lyžinami zberača. Dôsledkom prerušenia mechanického kontaktu medzi trolejovým vodičom a lyžinou zberača je následne vznik elektrického oblúku, ktorý zvyšuje opotrebenie vodiča aj lyžín zberača.[2]

Norma ČSN EN 50 119 ďalej vo svojom článku 5.2.5 stanovuje parametre kvality odberu prúdu. Pre kvalitu odberu je z pohľadu koľajového vozidla dôležitá tzv. prítlačná sila, pričom jej maximálne a minimálne hodnoty sú stanovené v tabuľke 4 normy. Maximálne prípustné hodnoty prítlačnej sily sa líšia v závislosti na type trakčnej sústavy (jednosmerná, striedavá) a rýchlosti vozidla.[2]

Prítlačné sily, ktoré nastávajú medzi zberačom a lyžinou, nesmú prekročiť stanovené hodnoty. Pri jednosmernom napájaní pri rýchlosti do 200 km/h sú prípustné sily 300 N a nad 200 km/h sily 350 N. Striedavé napájanie do 200 km/h má tak isto povolenú silu 300 N, nad 200 km/h je to až 400 N.[2]

Pri navrhovaní minimálnej výšky zberača musíme uvažovať s najnižšou pracovnou výškou zberača a výškou rozšíreného obrysu, aby nedochádzalo k preskoku prúdu medzi vodičom a uzemnenými časťami vozidiel.

Maximálna výška sa určuje podľa najvyššej pracovnej výšky zberača. Ďalej musíme počítať aj s vedľajšími vplyvmi, ktoré vznikajú pri prevádzke ako zdvih trolejového vodiča zberačom, montážne tolerancie, opotrebenie alebo zmena teploty.

Zdvih trolejového vodiča musí byť najskôr určený výpočtom, simuláciou alebo meraním.

Ďalší faktor, ktorý musí byť pri posudzovaní kompatibility vozidla a trakčného vedenia braný v úvahu, je aerodynamické zaťaženie prechádzajúcimi súpravami a vlastná tiaž celého vedenia so všetkými jeho súčasťami.

Čím je vyššia rýchlosť jazdy, tým sú vyššie nároky na trakčné vedenie. Pri rýchlosti nad 160 km/h je jedna z podmienok, aby vedenie bolo pružné a nemalo pevné body, ktoré sú vytvorené v mieste zavesenia vedenia. Aby sa tomuto predišlo znižuje sa tuhosť

vedenia spôsobom usporiadania vešiakov mimo závesný bod. Pendolino rýchlosť 160 km/h ľahko zvláda a je schopné vyvinúť oveľa vyššiu rýchlosť či už na rovine alebo v oblúkoch, ale trakčné vedenie nemusí byť na tieto rýchlosti stavané. Keď táto situácia nastane, stávajú sa parametre limitujúcimi faktormi pre rýchlosť jazdy súpravy.

2.3 Obecné zásady posudzovania schopnosti prevádzky vozidiel z pohľadu kompatibility s traťou po stavebnej stránke

Jeden z hlavných predpokladov, ktoré musia byť splnené z pohľadu prevádzky koľajového vozidla na trati, je dodržanie priechodnosti vozidla. Koľajové vozidlo je po trati priechodné vtedy, pokiaľ jeho charakteristiky sú v súlade s hlavnými parametrami trate, na ktorej sa s prevádzkou vozidla uvažuje.[7]

Hlavnými parametrami z hľadiska priechodnosti sú:

- maximálna úroveň zvislého zaťaženia (hmotnostná priechodnosť),
- priestorová priechodnosť trate,
- maximálna traťová rýchlosť.

Problematiku hmotnostnej priechodnosti koľajových vozidiel upravuje v podmienkach tratí ŽSR predpis Z6. Predpis definuje priechodnosť tratí kategóriou zaťaženia koľajovým vozidlom a priechodnosť tratí obrysom koľajového vozidla.[8]

Hmotnostná priechodnosť

Problematike priechodnosti kategóriou zaťaženia KV saobecne venuje európska norma EN 15528. Podľa maximálnych hodnôt zvislého zaťaženia sa rozlišujú tzv. traťové triedy. Kľúčovým faktorom pre existenciu hmotnostnej priechodnosti je, aby hmotnostné parametre koľajového vozidla posudzovaného pre prevádzku na konkrétnej trati vyhovovali parametrom únosnosti tejto trate – hmotnosti na nápravu a hmotnosti na bežný meter vozňa. Maximálne hodnoty hmotnostných parametrov vozidiel pre prevádzku na železničných tratiach zaradených do traťových tried udáva tabuľka 3.

Tabuľka 3–Tabuľka traťových tried[12]

<i>Traťová trieda</i>	<i>Maximálna hmotnosť na nápravu [t]</i>	<i>Maximálna hmotnosť na bežný meter vozidla [t]</i>
A	16	5,0
B1	18	5,0
B2	18	6,4
C2	20	6,4
C3	20	7,2
C4	20	8,0
D2	22,5	6,4
D3	22,5	7,2
D4	22,5	8,0
E4	25	8,0
E5	25	8,8

Priestorová priechodnosť

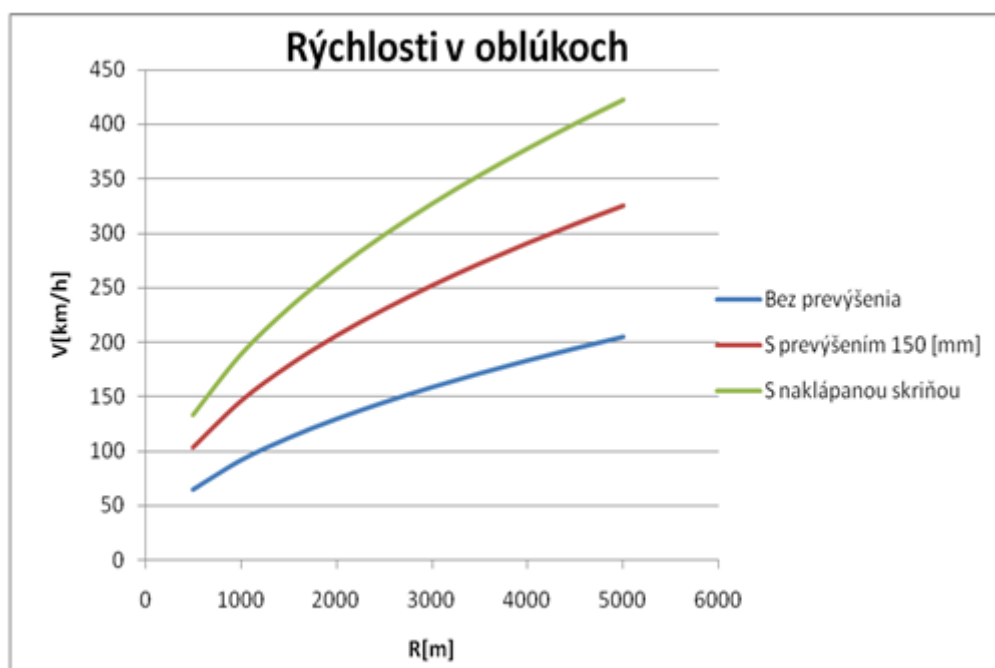
Druhým faktorom ovplyvňujúcim priechodnosť trati je priestorová priechodnosť trate. Priestorová priechodnosť znamená, že pri jazde vozidla bude okolo neho dodržaný bezpečný priestor. Podľa Odporúčenia Európskej komisie zo dňa 21. marca 2001, ktoré sa týka základných parametrov transeurópskeho vysokorýchlostného železničného systému C 2001/745 sa v tomto systéme používajú tri priestorové profily UIC 505 – 1, GB a GC. Súprava Pendolino splňa priestorový profil UIC 505 – 1.

Maximálna traťová rýchlosť

Traťová rýchlosť je jeden zo základných parametrov pri zvyšovaní efektivity a atraktívnosti železničnej dopravy. Základné dôvody sú skrátenie jazdnýchdôb a stabilizáciacestovného poriadku.Napríklad pri zvýšení rýchlosti zo 40 km/h na 60 km/h na úseku dlhom 10 km sa doba skrúti o 5 min, ale prirýchlosti zo 130 km/h na 140 km/h

sa doba skráti len o 43 sekúnd. Z toho vyplýva, že maximálne zefektívnenie dosiahneme zvyšovaním nižších rýchlostí. Možnosť zvyšovania rýchlosti ma priaznivé účinky aj v prípadoch meškania, kde je potrebné križovanie vlakov (jednokoľajné trate). Ďalšia výhoda je pri odstraňovaní prepádov rýchlosti zvýšením energetickej úspornosti.[10]

Limitujúcim faktorom pre stanovenie maximálnej povolenej rýchlosti pri jazde oblúkom je tzv. priečne zrýchlenie " a_p ", ktoré nesmie prekročiť hodnotu 1 m/s^2 . V prípade bežných vlakov (s vozidlami bez naklápania) je jediným prostriedkom pre zníženie hodnôt priečného zrýchlenia pôsobiaceho na vlak a cestujúcich prevýšenie. Výhody vozidiel s naklápacími skriňami oproti vozidlám bežnej stavbysa prejavujú najmä pri jazde v oblúkoch po koľajniciach bez prevýšenia. V nasledujúcom grafe môžeme pozorovať rýchlostné rozdiely v prejazde oblúkov s rozdielnymi podmienkami, ktoré na trati nastávajú v podmienkach priečného zrýchlenia o hodnote 1 m/s^2 , vid' graf 1.



Graf 1 – Priebehy rýchlosti pri jazde oblúkom

[Autor s využitím podkladov [10]]

Modrá krivka je znázornenie priebehu rýchlosti vlaku bez naklápacieho systému a bez prevýšenia koľaje. V tomto prípade zrýchlenie pociťované cestujúcim sa rovná celkovému odstredivému zrýchleniu.

Červená krivka predstavuje priebeh rýchlosti vlaku pri prevýšení koľaje v oblúku 150 mm, odstredivé zrýchlenie je znížené práve pomocou tohto prevýšenia.

Zelená krivka znázorňuje uhol prevýšenia $6,5^\circ$, kde je cestujúci vystavený nevyrovnanému priečnemu zrýchleniu menšiemu, než je odstredivé zrýchlenie. Z tohto zistenia vyplýva, že priečne zrýchlenie pôsobiace na cestujúceho je vo všetkých prípadoch rovnaké 1 m/s^2 aj keď na vlak pôsobí dvojnásobne.

Z grafu vyplýva, že napríklad oblúk o polomere $1\,000 \text{ m}$ môže bežný vlak prejsť rýchlosťou približne 90 km/h , ale vozidlo s naklápacou skriňou až 180 km/h bez toho, aby cestujúci pocítili rozdiel v rýchlosti. Uhol $6,5^\circ$ je z fyzikálneho hľadiska maximálne prípustným, pretože pri prejazde toho istého oblúkavozidlom s nízkou rýchlosťou a použitím naklápania by mohlo prísť k preklopeniu vozidla.

Prínos zavedenia prevádzky vozidiel s naklápacími skriňami dokumentuje tiež nasledujúci príklad.[10]

Vychádzame z predpokladu, že na trati nemajú oblúky menší polomer ako $R=400 \text{ m}$. Tieto oblúky bez prevýšenia je železničné vozidlo bez aktívneho naklápania schopné prejsť maximálnou rýchlosťou $58,04 \text{ km/h}$ a s maximálnym prevýšením 150 mm maximálne $91,92 \text{ km/h}$, čo je na hlavné trate veľmi malá rýchlosť. Pri prechode pôsobí na vozidlo a cestujúcich odstredivé zrýchlenie „ a_0 “, ktoré je možné znížiť väčším polomerom oblúku alebo prevýšením. Pri prevýšení sú limitujúcimi faktormi namáhanie vozidla a trate prítláčnymi silami, bezpečnosť proti preklopeniu, bezpečnosť pri vykoľajení a dodržanie obrýsu.

Máme dve možnosti ako tieto rýchlosti zvýšiť. Prvá možnosť je zväčšenie polomeru oblúku a zvýšenou rýchlosťou budú môcť prechádzať oblúk všetky vozidlá. Táto možnosť je ale aj veľmi finančne náročná lebo vo všetkých úsekoch tratenie sú na to vhodné podmienky. Druhá možnosť je na náklon skrine ktorá je našou prioritou. Naklápacie zariadenie nakloní priečnik o 8° do oblúku a deformácia pružín nakloní skriňu a $1,5^\circ$ z oblúku. Z toho plynie že výsledne naklonenie je $6,5^\circ$ a vozidlo môže prejsť oblúk rýchlosťou $119,39 \text{ km/h}$ v tých istých podmienkach. Rýchlosť sa zvýši približne o 30% oproti rýchlosti bez naklápania na koľaji s prevýšením. Na úsekoch, kde je najvyššia traťová rýchlosť 120 km/h , je bežná súprava na trati bez prevýšenia a naklápania schopná túto rýchlosť dodržať pri minimálnom polomere oblúku $1709,4 \text{ m}$, ale s pomocou naklápacej skrine sa tento polomer zmenší na 404 m čo je približne 4 krát menší oblúk. Nevýhoda naklápania je, že takéto vozidlá musia mať užšiu skriňu, zaťaženie na dvojkolesie len okolo 14 až 16 ton , je potrebné vychyľovať zberač pod trolejovým vodičom a silové

pôsobenie kolesa na koľaj je oveľa vyššie, až 2,7 krát. Výpočty sú upravené podľa prezentácie.[10]

Zvýšenie traťovej rýchlosti pre súpravy Pendolino nad rámec bežnej maximálnej traťovej rýchlosti musí byť upravené zmenou návestného predpisu. V Českej republike táto úprava v minulosti prebehla – bolo zavedené špeciálne návestidlo – rýchlostník NS (rýchlostník pre jednotky s náklapacími skriňami). Rýchlostník NS je ľahko identifikovateľný – číselná hodnota rýchlosti je napísaná zvisle, vid' (obrázok 6).



Obrázok 6 – Rýchlostník NS [11]

Proces posudzovania zvyšovania rýchlosti má obecné na starosti správca železničnej infraštruktúry. Obecný proces prebieha nasledovne. Na základe podkladov o traťových rýchlostiach sa vypracuje tachogram jazdy predpokladanej súpravy (hmotnosť, výkon, odpor a brzdné schopnosti). Celý proces ovplyvňujú druhy zabezpečenia a ich viditeľnosť, zábrzdna vzdialenosť (nad 100 km/h potreba prenosu informácie o polohe nasledujúceho návestidla na stanovisko rušňovodiča) a brzdiace schopnosti vozidla.

S vyššou rýchlosťou prichádzajú aj väčšie náklady na údržbu, opotrebenie zvršku a trakčného vedenia. Preto sa zvyšovanie rýchlosti nerobí na miestach, kde by toto opotrebenie bolo veľmi vysoké alebo kde sa vyskytujú iné obmedzujúce faktory (nestabilné svahy, skalné steny apod.).

Pri jazde jednotky vznikajú v styku koleso-koľajnica vzájomne sily (obrázok 7). Veľkosť týchto síl ovplyvňuje opotrebenie a životnosť koľaje, pretože pri vyšších rýchlostiach jednotiek s naklápacími skriňami dochádza k vyššiemu opotrebeniu koľajníc.

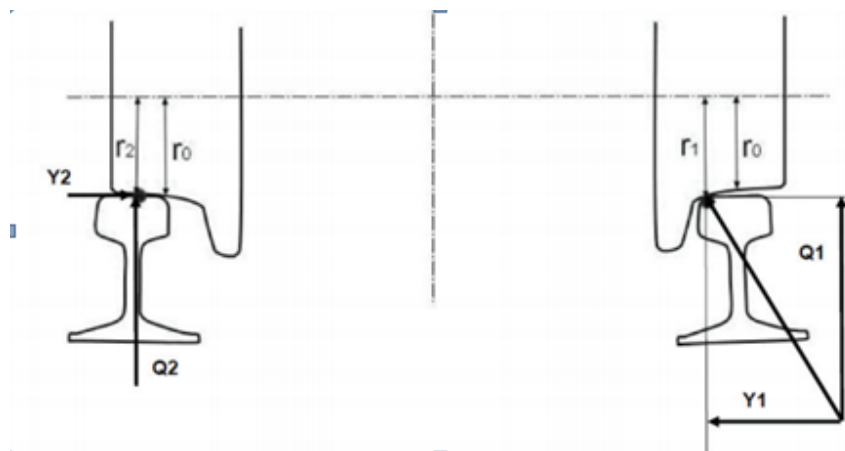
Ďalej tieto sily slúžia aj pri výpočtoch proti vykoľajeniu vozidla. Výpočty sa prevádzajú pre vozidla určené k premávke v rozmedzí $70 \leq V \leq 230$ km/h a so súpravami, ktoré majú $V_{\max} \geq 200$ km/h a využívajú oblúky $600 \text{ m} < r \leq 900 \text{ m}$.

Z pohľadu posudzovania silového pôsobenia koľajových vozidiel na trať sú kľúčové vyhlášky UIC, ktoré popisujú jazdné skúšky železničných vozidiel s požiadavkou na vyhodnotenie koľajových síl.

Konkrétne ide o vyhlášky:

UIC 518 – „Skúšky a homologizácia železničných vozidiel z hľadiska dynamického chovania – bezpečnosť – únava koľaje – akosť chodu“ predpisuje okrem merania koľajových síl aj merné zrýchlenie v určených miestach vozidla

UIC 518-1 – „Skúšky a homologizácia železničných vozidiel z hľadiska dynamického chovania – bezpečnosť – únava koľaje – akosť chodu“, Doplnok: Aplikácie na vozidla s naklápacími skriňami alebo na vozidla určené pre premávku s väčším nedostatkom prevýšenia, než uvádza vyhláška 518.



Obrázok 7 – Koľajové sily [9]

Q zvislé koľajové sily [N]

Y priečne koľajové sily [N]

Q/Y – hodnotí možnosť vyšplhania kolesa

V norme UIC 518-1 sa hodnotí pomer zvislých a priečných síl pre vozidlá s naklápacími skriňami, pri ktorých by nemala hmotnosť na nápravu presahovať 18t s pripomienkou, že čím menšia je hmotnosť, tým výhodnejšie je to pre celú

infraštruktúru, pretože na koľaje pri jazde vozidiel s naklápacími skriňami pôsobia oveľa vyššie sily ako pri bežných vlakoch.

V tejto súvislosti sa ďalej hodnotí riziko prevrátenia v oblúku (1)[9]

$$\eta = \frac{\sum \text{podvozok} \cdot Q_{i1} - \sum \text{podvozok} \cdot Q_{i2}}{\sum \text{podvozok} \cdot P_0} \quad (1)$$

kde:

Q_{i1}, Q_{i2} kolesové sily (i-tédvojkoľeso, koleso na strane 1 alebo 2),

P_0 statická nápravová sila.

U klasických vozidiel je nízka pravdepodobnosť prevrátenia v oblúkoch s prevýšením, pretože pri prekročení bezpečnej rýchlosti v oblúku príde spravidla priečne posunutie koľaje a nie prevrátenie. Naopak pri vozidlách s naklápacími skriňami odstredivá sila a sila vetra môže spôsobiť nulové sily na kolesách až prevrátenie.[9]

Ďalšími obmedzujúcimi faktormi najmä pri zvyšovaní rýchlosti sú železničné priestestia, príp. rozmiestnenie prevádzkových zariadení v okolí trati, ktoré môžu byť negatívne ovplyvnené vyššímaerodynamickými silami, ktoré pôsobia vlaky idúce vyššími rýchlosťami.

V prípade železničných priestestí jepopri úvahách z hľadiska zvyšovania rýchlostidôležitá predovšetkým dĺžka tzv. približovacieho úseku. Pri povoľovaní vyššej rýchlosti je potrebné preveriť, či približovací úsek je dostatočne dlhý tak, aby priestestie bolo zabezpečené pred príchodom vlaku.

Vlak pri jazde vytvára tlakové vlny na čele a konci vlaku tým, že vzduch okolo súpravy začína prúdiť a dostáva vyššiu rýchlosť. Tento jav je nepriaznivý, pretože ohrozuje predmety, osoby, ale aj protiidúce vlaky tlakovou vlnou. Preto je potrebné napr. prístrešky pre čakajúcich cestujúcich budovať vo väčšej vzdialenosti od koľaje, v železničných staniciach budovať širšie nástupiska apod.

2.4 Ďalšie prevádzkové obmedzenia

Ďalšími prevádzkovými obmedzeniami sa rozumejúobmedzenia, či vratné stanice sú technicky vybavené na to, aby bolo možné odbaveniekonkrétneho vozidla alebo súpravy pred návratom.

Bežná údržba súpravy spočíva najmä v doplňovaní pitnej a úžitkovej vody, podtlakovom vyprázdňovaní WC a čistením interiéru jednotky. Stanice obratu môžu zabezpečovať i vonkajšie čistenie súpravy, táto činnosť ale nie je pre obrat súpravy nutná.

Ďalej musia byť vratné stanice schopné zabezpečiť pre dané vozidlo aspoň minimálny technický servis. Napr. podľa výrobcu súpravy Pendolino je zadané, že každých 5000 km je potrebná údržba vozidla v rozsahu tzv. bezpečnostnej prehliadky. [11]

3 ZÁKLADNE OVERENIE ZPOSOBILOSTI JAZDY SÚPRAV PENDOLINO NA TRATI ŽILINA - KOŠICE

3.1 Stručná charakteristika trati Žilina-Košice

Trať, ktorá spája Žilinu a Košice je v prevádzke od roku 1872 ako súčasť tzv. Košicko - bohumínskej dráhy. Trať je súčasťou V. koridoru a patrí medzi najvyužívanejšie trate na Slovensku. Preto v roku 2015 by mala začať modernizácia jej modernizácia, aby mohla trať splňovať moderné kritéria pre zvýšenie rýchlosti prevádzky až na 160 km/h.[5]

Základné informácie o trati a technické parametre trati

Prevádzkovateľ	ŽSR
Dĺžka	242 km
Rozchod	1435 mm
Počet traťových koľají	2
Traťová trieda	D4
Napájacia sústava	3 kV jednosmerná
Max. sklon	15‰
Max. rýchlosť	120 km/h
Traťové zabezpečovacie zariadenie	automatický blok

Zoznam železničných staníc na trati 180 Žilina – Košice

Žilina	Žilina Varín
Vrútky	Sučany
Turany	Kraľovany
Lubochňa	Komjatná
Ružomberok	Liptovská Teplá
Liptovský Mikuláš	Liptovský Hrádok
Kráľova Lehota	Východná

Štrba	Poprad
Vydrník	Spišská Nová Ves
Markušovce	Spišské Vlachy Krompachy
Margecany	Malá Lodina
Kysak	Kostoľany nad Hornádom
Košice - hl. stanica	

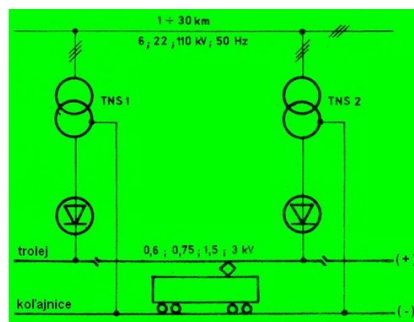
3.2 Posúdenie trati pre prevádzku súprav Pendolino z hľadiska koľajových obvodov

Na trati sa nachádza väčšie množstvo typov koľajových obvodov. Konkrétne ide o koľajové obvody typu KO 2085, KO 2093, KO 2182, KO 2391, KO 2491, KO 2694, KO 2796, KO 3400, KO 4300, KO 4380, KO 8003 a KO 8081. Z nich najviac zastúpený je typ KO 2796, ktorý sa na trati vyskytuje 393 krát s maximálnou dĺžkou 2484 m na úseku Liptovský Hrádok - Kráľová Lehota.

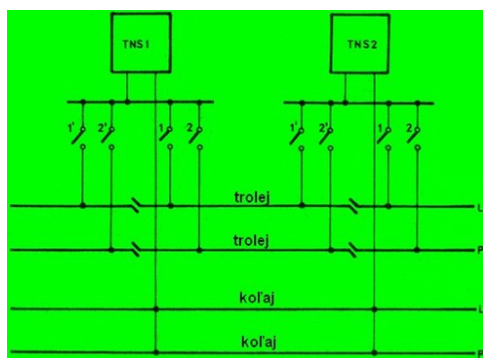
Elektrická jednotka Pendolino je podľa normy ČSN 34 2613, ed.2, schopná prejazdu všetkými druhmi vyššie uvedených koľajových obvodov, pretože je schopná pracovať s frekvenciami v intervale 75-275 Hz.

3.3 Posúdenie trati pre prevádzku súprav Pendolino z hľadiska parametrov trakčného vedenia

Na trati Žilina-Košice je vybudovaná trakčná sústava s jednosmerným prúdom pri 3000 V, v ktorom môže mať úsek dĺžku v intervale 1-30 km. Realizuje sa pri dvojstrannom napájaní pre dvojkoľajnú trať. Príklad napájania je znázornený (obrázok 8) a (obrázok 9).

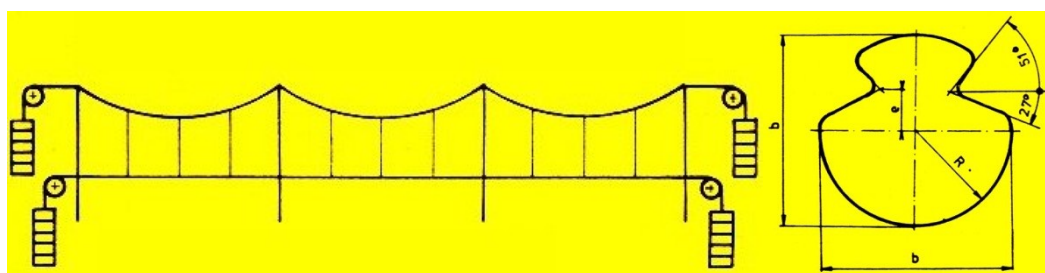


Obrázok 8 - Schéma napájania jednosmerných TNPS [15]



Obrázok 9 - Dvojstranné rozložené napájanie koľají[15]

Na trati je využívané takzvané retiazkové vedenie, ktoré je tvorené nosným lanom v tvare reťazovky a vodorovným trolejovým vodičom (obrázok 10). Teplotné zmeny nemajú výrazný vplyv na výšku vedenia a preto je vhodné pre rýchlosti do 150 km/h, čo nie je pre prípadné zvyšovanie jazdy súpravy Pendolino výrazne obmedzujúce.



Obrázok 10 –Retiazkové vedenie a prierez vodiča[15]

3.4 Posúdenie trati pre prevádzku súprav Pendolino z hľadiska stavebných parametrov

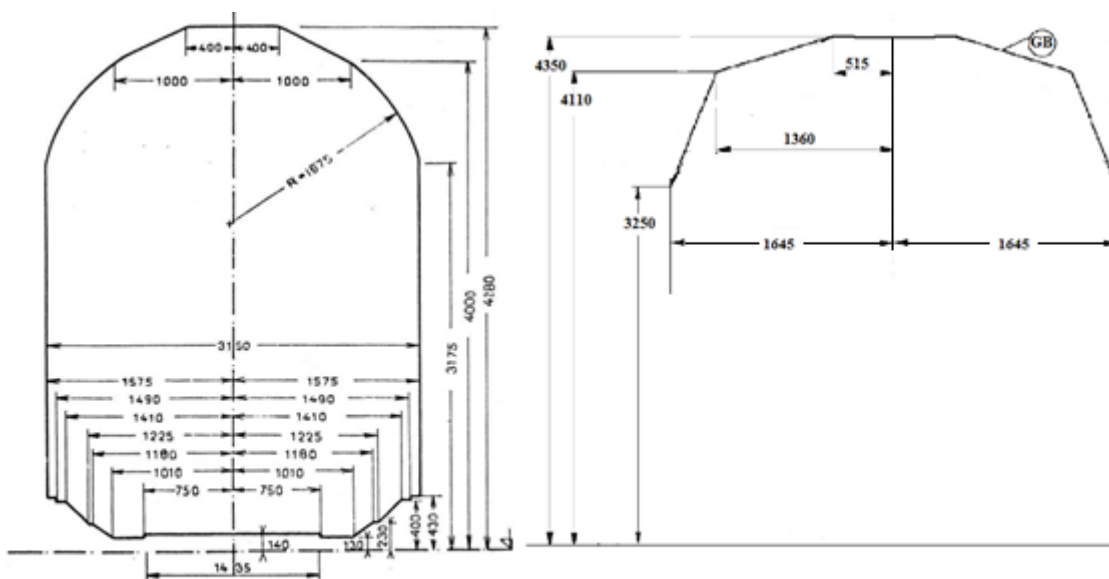
Trat' Žilina - Košice patrí z hľadiska hmotnostných parametrov do traťovej triedy D4, podľa údajov v tabuľke 3 to znamená, že maximálna hmotnosť na nápravu je 22t a 8t na bežný meter dĺžky.

Hmotnosť celej jednotky Pendolino je 385 t pričom hmotnosť podvozku trakčného vozu z elektromagnetickej brzdou je 8,8 t a bežného voza s elektromagnetickej brzdou 8,5 t. Priemerná hmotnosť na nápravu sa pohybuje okolo 13,75 t čo spĺňa podmienky traťovej triedy D4. Podrobnejšie hmotnosti na nápravu u jednotlivých vozňov súpravy sú v tabuľke 4.

Tabuľka 4 – Hmotnosti na nápravu [13]

<i>Typ vozu</i>	<i>Hmotnosť na nápravu</i>
Čelný trakčný voz rady 681	14,6 t
Vložený trakčný voz rady 683	14,2 t
Vložený trakčný voz rady 684	14,3 t
Vložený trakčný voz rady 682	14,7 t
Vložený voz s transformátorom rady 081	14,75 t
Vložený voz bez transformátoru rady 084	11,25 t
Vložený voz s transformátorom rady 082	14,75 t

Čosiaľka priestorového profilu, tak trat' Žilina – Košice má prejazdný prierez GB a Pendolino spĺňa normu UIC 505-1. Preto, aby súprava Pendolino vyhovovala priestorovej priechodnosti, nesmie prierez UIC 505-1 presahovať cez prierez GB. Ako môžeme vidieť (obrázok 11) prierez UIC je na celej ploche menší a žiadna časť prierezu GB nepresahuje. Z toho vyplýva, že aj po tejto stránke má Pendolino umožnený bezproblémový prejazd na trati bez toho, aby boli potrebné úpravy na trati.[11]



Obrázok 11 – Prejazdný prierez UIC505-1(vľavo) a GB(vpravo) [13]

Aktuálne najrýchlejším spojením v úseku Žilina-Košice je vlak IC 501 Tatran, ktorý úsek prejde za 2 hodiny a 45 minút s troma zastaveniami. Na dráhe 242 km to splňuje pri priemernej rýchlosti 88 km/h a najvyššej dovolenej rýchlosti 120 km/h.

V súčasnom stave sa maximálna rýchlosť na trati Žilina – Košice pohybuje v intervale od 70 do 120 km/h, v oblúkoch môže byť aj nižšia. Aby bolo možné využívať výhod súprav Pendolino, tzn. vyššej rýchlosti, najmä pri jazde cez oblúky, bolo by treba zistiť, či nie je možné traťovú rýchlosť pre tieto súpravy v niektorých úsekoch trati zvýšiť (analógia úsekov, pre ktoré platia návěstidla - rýchlostníky NS zavedené pre súpravy Pendolino v ČR). Pre návštenie rýchlostí pre súpravy s naklápacími skriňami nie je potrebné zavádzať špeciálne opatrenia (zmena návestného predpisu), lebo v aktuálne platnej verzii predpisu ŽSR – Z1 „Pravidlá železničnej prevádzky“ je v čl. 163 zavedený spôsob návštenia pre tieto prípady.

Pri rozhodovaní o možnosti zvýšenia maximálnej traťovej rýchlosti v konkrétnom úseku špeciálne pre súpravy Pendolino je treba prihliadnuť najmä k:

- dĺžke úseku, na ktorom môže byť využité výhod súprav Pendolino v porovnaní s klasickými súpravami (získanie a marenie vyššej rýchlosti),

- stavebným parametrom oblúkov (polomer, prevýšenie),
- dĺžkam približovacích úsekov pred železničnými priecestiami,
- zariadeniam, ktoré by mohli byť ovplyvnené zvýšenými aerodynamickými javmi vyvolanými vyššími rýchlosťami idúcich vozidiel (toto skôr prichádza do úvahy pri výraznejšom zvyšovaní rýchlostí). Napr. umiestneniu prístreškov pre cestujúcich na zastávkach, apod.

Pri zavedení analógie rýchlostníkov NS vedúcich k zvýšeniu maximálnej rýchlosti na 140 km/h a zachovaní priamej úmeryby sa priemerná rýchlosť mohla zvýšiť na 102,6 km/h a skrátiť cestovný čas na 2 hodiny 21 minút, to je skrátenie o 24 minút.

3.5 Posúdenie prevádzky súprav Pendolino podľa ostatných prevádzkových obmedzení

K ďalším prevádzkovým obmedzeniam, ktoré ovplyvňujú prevádzku súprav Pendolino na ramenách, patrí vybavenie obratových staníc, v prípade trati Žilina – Košice ide o železničnú stanicu v Košiciach. Za účelom zistenia, akými technickými zariadeniami musí byť vybavená stanica obratu, bolo kontaktované pracovisko údržby a oprav koľajových vozidiel v Bohumíne, v ktorom obraty súprav Pendolino bežne prebiehajú. Bolo zistené, že bežné odbavenie súpravy spočíva v doplnení pitnej vody, podtlakovom vyprázdňovaní WC a čistení interiéru jednotky vrátane doplnenia hygienických prostriedkov na spätnú cestu. Bežné odbavenie súpravy trvá približne 60 minút.

Podľa informácií získaných v Bohumíne bolo zistené, že k dopĺňovaniu pitnej vody a podtlakovému vyprázdňovaniu WC u súprav Pendolino nie sú potrebné špeciálne zariadenia, že postačuje bežné vybavenie, ktoré slúži na tieto úkony pre bežné súpravy s podobným konštrukčným usporiadaním týchto častí, napr. súpravy City Elephant. Pretože v rušňovom depe Košice bežne dochádza k obsluhu súprav City Elephant, je možné konštatovať, že depo je po tejto stránke spôsobilé zabezpečiť aj obsluhu súprav Pendolino.

Čo sa týka bezpečnostnej prehliadky po 5 000 km, ktorú predpisuje výrobca (na pracovisku Bohumín prebiehajú) alebo prevádzkového ošetrenia (čo je vyšší stupeň

údržby a tiež je v kompetencii pracoviska Bohumín), existuje možnosť, že túto bezpečnostnú prehliadku (prevádzkové ošetrenie) budú zabezpečovať technickí zamestnanci rušňového depa Košice, alebo že na obsluhu trate Žilina – Košice bude nasadená vždy tá súprava, ktorá nebude po príchodu do stanice Košice vyžadovať prevedenie bezpečnostnej prehliadky alebo prevádzkového ošetrenia. Toto rozhodnutie je ale plne v kompetencii dopravcu ČD.

Po technologickej stránke je ďalej treba medzi dopravcami ČD a ŽS Slovensko doriešiť aj otázky, ktoré sa dotýkajú obsadenia súpravy vlakovým personálom. Keď bude obsluhu súpravy na trati Žilina – Košice zaisťovať český vlakový personál, musí byť zaistená jeho odborná spôsobilosť v oblasti dopravných, prepravných a tarifných predpisov platných na území Slovenskej republiky. Po technologickej stránke je potrebné ďalej dojednať zabezpečenie cateringových služieb v stanici obratu.

Dôležité je tiež vyškolenie technického personálu v rušňovom depea stanici Košice, ktorý bude zabezpečovať technickú prehliadku súpravy (príp. bezpečnostnú prehliadku alebo prevádzkové ošetrenie) pred jej odchodom z Košíc do Prahy.

ZÁVER

Zvyšovanie rýchlosti v železničnej doprave je základným problémom, ktorý musí dopravcovia v súčasnosti riešiť. Keď nebude železničná doprava pohodlná a hlavne rýchla, nemôže dlhodobo obstáť z hľadiska konkurencieschopnosti. Výhody môže ponúkať predovšetkým v reláciách nad 300 km. Keď že na Slovensku sa nachádza približne 41 % trati v oblúkoch (zapríčiňuje ich členitosť krajiny, vodné toky, kopce, mestá, ...) a v súčasnosti nie sú vybudované vysokorýchlostné trate, majú potenciál súpravy s naklápacimi skriňami.

Riešené téma je obsahovo veľmi rozsiahle, preto predložená práca rieši iba niektoré základné aspekty možnosti jazdy súprav Pendolino na trati Žilina – Košice. Keďže v minulosti súpravy Pendolino zachádzali z Prahy až do Žiliny, javí sa predĺženie ramena do Košíc logickým krokom, lebo železničný uzol Žilina je významným nástupným i prestupným uzlom práve do Košíc a na tejto trati sú sústredené najvýznamnejšie prepravné prúdy.

Predložená práca rieši problematiku posudzovania možnej prevádzky súprav Pendolino z pohľadu traťového zabezpečovacieho zariadenia, spolupráce súpravy s trakčným vedením, zabýva sa hodnotením možnej jazdy z pohľadu stavebných parametrov infraštruktúry a servisných činností v bode obratu, ktorým sú Košice. V budúcom období je žiaduce, aby daná problematika bola ďalej a podrobnejšie rozpracovávaná.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] *Pendolino*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z:
<http://www.atlaslokomotiv.net/loko-680.html>
- [2] ČSN EN 50 119 ed.2. *Drážni zařízení-Pevná trakční zařízení-trolejová vedení pro elektrickou trakci*. Praha:2010, 88 s.
- [3] ČSN 34 2613 ed.2. *Železniční zabezpečovací zařízení*. Praha:2007
- [4] *ETCS*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System
- [5] *Trat Žilina-Košice*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z :
http://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%A1_tra%C5%A5_%C5%BDilina_%E2%80%93_Ko%C5%A1ice
- [6] *Napájanie elektrifikovaných železničných tratí* [online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z:
<http://www.zeleznicne.info/view.php?cislocclanku=2008110013>
- [7] *Priechodnosť tratí*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z :
<http://www.cd rail.cz/VT S/CLANKY/7010.pdf>
- [8] *Priechodnosť tratí*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z :
http://www.zsr.sk/buxus/docs//legislativa/Predpisy/Z_6
- [9] *Koľajové sily*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z :
<http://www.szdc.cz/soubory/konference-a-seminare/zdc-2010/16sb.pdf>
- [10] *Výpočty a teória vysokorýchlostných vlakov*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z:
<http://vrt.fd.cvut.cz/data/prednasky/pohl2008.pdf>
- [11] *Charakteristika tratí*[online] 2013 [cit.2013-05-12] Dostupné z:
http://www.zsr.sk/slovensky/zeleznicna-dopravna-cesta/marketing/podmienky-pristupu-k-zi/podmienky-pristupu-k-zi-2013.html?page_id=1880 – príloha J
- [12] *Traťové triedy* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Tra%C5%A5ov%C3%A1_t%C5%99%C3%ADda
- [13] *Nápravové hmotnosti*[online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z:
<http://www.k-report.net/koridory/provoz2a.htm>
- [14] *Vedecko - technický zborník* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z:
Zdroj: <http://www.cd rail.cz/VT S/vts13.html>
- [15] *Napájanie elektrifikovaných tratí* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z:
Zdroj: <http://www.zeleznicne.info/view.php?cislocclanku=2008110013>

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 – Elektrická jednotka Pendolino	11
Obrázok 2 - Principiálna schéma núteného naklápania	12
Obrázok 3 – Skriňa čelného vozidla vo výrobní hale pripravená k inštalácii čiel a interiéru	15
Obrázok 4 –Podvozok s hydraulickým pohonom naklápania	16
Obrázok 5 – Stanovisko rušňovodiča	18
Obrázok 6 – Rýchlostník NS	31
Obrázok 7 – Koľajové sily	32
Obrázok 8 - Schéma napájania jednosmerných TNPS	37
Obrázok 9 - Dvojstranné rozložené napájanie koľají	37
Obrázok 10 – Retiazkové vedenie a prierez vodiča	37
Obrázok 11 – Prejazdný prierez UIC505-1(vľavo) a GB(vpravo).....	40

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 – Zloženie súpravy Pendolino	14
Tabuľka 2 - Označenie pracovných kmitočtových pásiem	24
Tabuľka 3 –Tabuľka traťových tried	28
Tabuľka 4 – Hmotnosti na nápravu	38